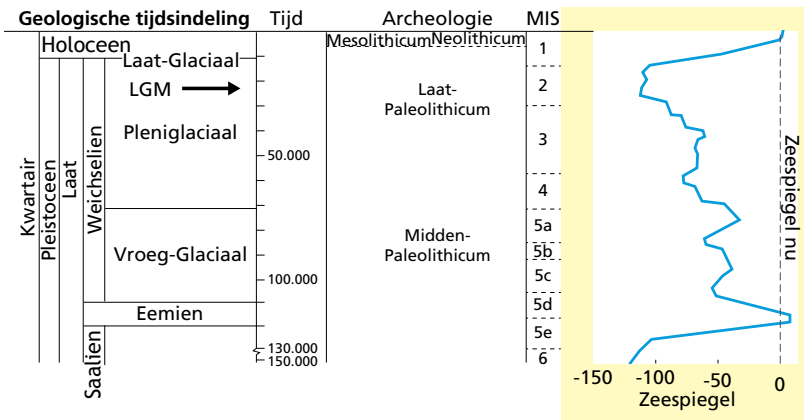


Inhoud

- 1 De Kaäba van Katwijk 11
 - 2 Amersfoort ligt aan zee 17
 - 3 Stijgt het land of zakt de zee? 30
 - 4 Ijsberen in de warmte 40
 - 5 Overleven in het Eemien 56
 - 6 Katwijk aan de Thrine 75
 - 7 Rusland verovert Amerika 91
 - 8 Doggerland verdrinkt, Tuvalu niet 102
 - 9 De zeehondensteen 118
 - 10 Waarom de kust groeit terwijl de zeespiegel stijgt 133
 - 11 Glad of hobbelig? 154
 - 12 Tempels verdwijnen, terpen verschijnen 172
 - 13 Daalt het land of stijgt de zee? 185
 - 14 Nog niets aan de hand 204
 - 15 Het woonbootprincipe 220
- Dankwoord 230
Literatuurlijst 232
Verantwoording illustraties 259
Register 264



Tijdtabel LGM = Last Glacial Maximum, het koudste deel van de laatste ijstijd.

De Kaäba van Katwijk

Opeens staat er een zwarte kubus op het blonde strand van Katwijk. Een fors zwart gebouw, zes bij zes meter en acht meter hoog, met een houten trap als kraag eromheen. Het bouwsel valt volstrekt uit de toon tussen de wuivende duinen, de witte strandhuisjes, de vrolijke strandpaviljoens en de blauwe vuilnisbakken. Badgasten lopen er nieuwsgierig omheen, als pelgrims om de Kaäba. Wat is dit? Ik ga kijken.

Ik loop de vijftien treden omhoog tot ik op de kraag sta. Ik wil naar binnen, maar er is hier geen deur. Ik moet eerst nog eens vijftien treden omhoog, langs een kleinere bui-

De Kaäba van Katwijk: het Spiegelzeepaviljoen.



tentrap aan de noordwand van het gebouw. Daar zit pas de deur. Dit is een gebouw dat je alleen op de tweede verdieping kunt binnengaan. Ik open de deur, en ik sta weer buiten, op een houten plankier zes meter boven de grond. Er is geen dak, de zeewind speelt met mijn haren. Om mij heen twee meter hoge, zwarte wanden, met op ooghoogte grote ramen, als de kijkspleet van een bunker. Ik kijk door een raam naar buiten, in de richting van de zee, en ik sta een ogenblik versteld. Hoe kan dat? Het lijkt net alsof ik midden in de branding sta, de golven lijken op mij af te rollen. Maar ik sta toch zes meter hoger dan het strand? Dan valt het kwartje: de golven bewegen niet, ze staan stil; het is de zee niet, het is een *foto* van de zee, aangebracht op transparant folie en op het raam geplakt. De illusie is frappant, het lijkt net of de zeespiegel ineens zes meter hoger staat.

Een trap leidt naar beneden, zo kom ik er zeker weer uit. Het is een lastige trap, zo een met te kleine afstanden tussen de trap-treden, maar ook weer te ver uit elkaar om twee treden ineens te kunnen nemen. Hij wentelt in een spiraal naar de begane grond, langs alle binnenwanden van de kubus. En dan zie ik meteen dat de kubus geen dichte zwarte doos is: hij bestaat uit lange zwarte horizontale latten, met telkens een beetje tussenruimte, zodat licht en lucht naar binnen kunnen. Smalle lichtribbels vallen door de spleten in verschillende wanden naar binnen en kruisen elkaar, een prachtig clair-obscur.

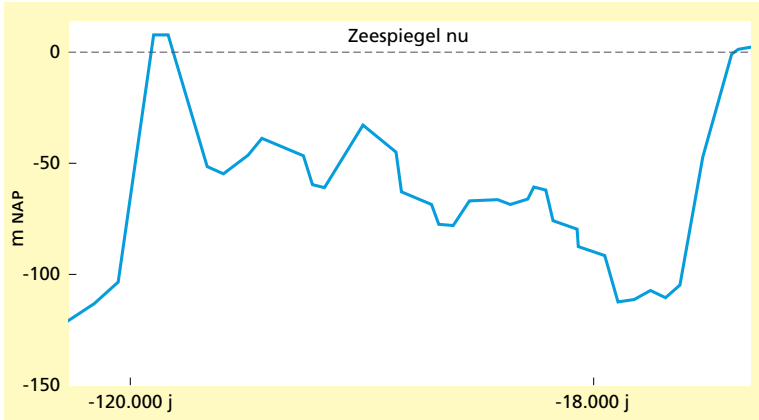
Eenmaal beneden aangekomen zoek ik naar de uitgang, maar die is er niet. De trap leidt mij naar een donkere kast zonder deur in een hoek van de kubus. Ik kijk naar beneden in de kast, en ik word meteen duizelig, ik houd mij vast aan de wanden van de kast. Daarbinnen gaapt een peilloze diepte waar ik zo in dreig te vallen, het einde is niet in zicht. Maar de peilloze diepte in de kast is een illusie. Zowel op het plafond als op de vloer van de kast zijn spiegels aangebracht. De herhaling van de weerspiegeling van het plafond op de vloer zorgt voor een extreem droste-effect, zodat ik de bodem van de put niet eens kan zien. Hoe diep lijkt dat wel niet? En wat is de bedoeling daarvan?



Op zes meter boven de grond lijkt het alsof je in de branding staat.

Dan vind ik het wel genoeg, ik wil weer naar buiten. Maar er is geen deur hier op de begane grond. Er is wel een andere trap die weer naar boven leidt, die had ik nog niet eerder gezien. Dit is juist een heel steile trap, ik moet mij stevig vasthouden aan de gegalvaniseerde ijzeren leuning om niet te vallen. Ik klim omhoog, en kom bij een deur aan de achterzijde van de kubus, die ik nog niet eerder had gezien. Ik stap naar buiten en kom weer terecht op de houten kraag van het gebouw. Het rondje is rond.

Wat is dit? Wat is de bedoeling van dit bouwsel? Is het kunst? Ja, dat is het zeker. De architecten van zUS (Zones Urbaines Sensibles) zijn er trots op, het staat pontificaal op hun website tussen een ontwerp voor de ambtswoning van de Rotterdamse



De zeespiegel sinds het Eemien.

burgemeester en een ontwerp voor loopbruggen op de wereldtentoonstelling in Shanghai. Maar het idee is niet van hen. Het idee komt van twee Delftse aardwetenschappers, Bob Hoogendoorn en Joep Storms. Hoogendoorn was in 2005 gepromoveerd op de snelle zeespiegelveranderingen in de Kaspische Zee, Storms al eerder op het gedrag van strandwallen bij zeespiegelstijging. Allebei zeespiegelspecialisten.

Wat zij aan een groot publiek willen laten zien is hoe sterk de zeespiegel wereldwijd is veranderd in de laatste 120 000 jaar, de tijd dat *Homo sapiens* de aarde bevolkte, met name ten gevolge van de afwisseling van ijstijden (glacialen) en warme perioden (interglacialen). Aan het begin van een ijstijd groeien de continentale ijskappen op Scandinavië en Noord-Amerika, doordat sneeuw die op het ijs valt daar voor langere tijd blijft liggen. Die sneeuw is afkomstig van verdamping van water in de oceanen. Omdat dat water niet als smeltwater terugvloeit naar de oceanen maar vastgelegd wordt in de ijskappen, daalt de zeespiegel wereldwijd. Aan het einde van een ijstijd smelten de ijskappen af en stijgt de zeespiegel weer.

Zo'n 120 000 jaar geleden, in het Eemien, de warme periode tussen de twee laatste ijstijden in, stond de zeespiegel wereldwijd



Het Spiegelzeeteam, v.l.n.r. Wieske Paulissen, Bob Hoogendoorn, Adriaan Janszen, Joep Storms, Guido Rutten.

ongeveer zes meter hoger dan nu. Dat is wat Hoogendoorn en Storms zichtbaar hebben gemaakt doordat je boven in de kubus ineens de zee lijkt te zien. Maar 18 000 jaar geleden, in het koudste deel van de laatste ijstijd, het Weichselien, toen de ijskappen het grootst waren, stond de zeespiegel juist heel laag, wel 120 meter lager dan nu: dat is de peilloze diepte in de spiegelkast. De daling van die hoge naar die lage zeespiegel ging heel langzaam: daarom helt de trap van boven naar beneden ook zo flauw. Maar aan het einde van de laatste ijstijd, dus van 18 000 jaar geleden tot nu, steeg de zeespiegel juist heel snel: dat is wat de laatste steile trap van beneden naar boven symboliseert. Zij noemen het project *Spiegelzee*: het bouwwerk weerspiegelt zeespiegelveranderingen. En misschien hebben zij bij het omkeren van de lettergrepen ook wel aan het omkeren van de zeespiegeltrend gedacht.

Oorspronkelijk hadden zij het project ingediend als Delftse inzending van 2007 voor de Academische Jaarprijs, een initiatief van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), NRCMedia, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW) en VPRO/NTR. Die hebben ze uit-

eindelijk niet gewonnen, maar het onderzoeksinstituut TNO was zo gecharmeerd van het idee, dat ze het project hebben overgenomen, en samen met vele andere sponsors hebben zij de bouw van het Spiegelzeepaviljoen toch mogelijk gemaakt. Het heeft van juli tot oktober 2008 op het Katwijkse strand gestaan, en staat nu in het themapark Historyland in Hellevoetsluis.

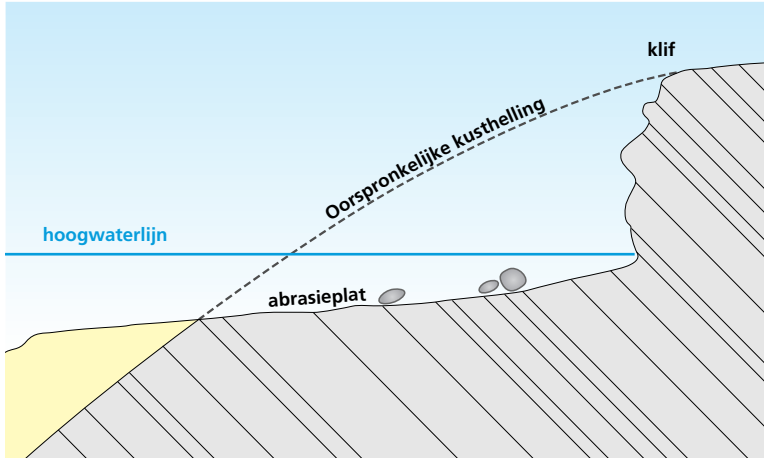
Wat is nu de oorzaak van die wereldwijde zeespiegelveranderingen, en hoe weten wij dat? En wat gebeurt er precies bij verschillende soorten kusten als de zeespiegel stijgt of daalt? Hoe reageerden de mensen al die jaren op die veranderingen? En wat kunnen we daaruit leren voor de toekomst? Dat is het onderwerp van dit boek. We beginnen bovenaan, op het plankier op zes meter hoogte in het Spiegelzeepaviljoen, en in de loop van het boek dalen we en stijgen we mee met de trappen, om aan het eind bij de huidige zeespiegel uit te komen, en een kleine blik vooruit te werpen.

Amersfoort ligt aan zee

Het is voorjaar 1970. Ik ben als student mee op excursie naar Zuid-Engeland. We zien een prachtige doorsnede langs de zuidkust, van Devon tot Dover. Het is voor het eerst dat ik met een geologisch oog naar kusten kijk. Ik was weliswaar ooit als dertienjarige met mijn ouders met vakantie geweest naar de Noord-Franse rotskusten, maar veel had ik daar niet van opgestoken. In Engeland zie ik voor het eerst bewust hoezeer de erosie door de zee de kust steeds verder doet afkalven, en daardoor steeds nieuwe rotsformaties blootlegt. In Devon zien we versteende Devonische afzettingen van modderstromen in de diepzee, later scheefgesteld door gebergtevorming. In Torquay en Dawlish

Het abrasieplat bij Westward Ho!, Devon, Engeland.





*Vorming abrasieplat in scheefgestelde sedimentgesteenten. De stip-
pellijn geeft de oorspronkelijke vorm van de kust aan, de ruimte
daaronder is de hap die de zee uit het gesteente heeft genomen. Bij
laagwater valt het abrasieplat droog.*

zien we woestijnformaties uit het Perm: rode wadi-afzettingen en prachtige rode duinzanden. Daarna weer afzettingen in ondiepe zeeën, Jurassische kalken en zwarte schalies, talloze ammonieten in Lyme Regis, en uiteraard de krijtrotsen bij Dover, de Seven Sisters. Alleen al die geschiedenis van meer dan driehonderd miljoen jaar is voldoende om te zien hoezeer zeespiegelveranderingen en gebergtevormende processen de aarde hebben geschapen. Maar dat was allemaal vóór de komst van de mens, en daarom buiten bereik van de tijdschaal van dit boek.

De zee maakt dat allemaal zichtbaar door de erosie van het klif. Alleen, het is niet zozeer de kracht van de golven zelf die steeds de steile rotswanden ondermijnt, als wel die van het grove grind dat met de golven meekomt wanneer die bij vloed tegen het klif aanbeuken. Bij eb ligt het grind werkeloos onder aan de rotswand, en er komt een flauw zeewaarts hellend rotsplateau tevoorschijn: het *abrasieplat*. Als je goed kijkt op bijgaande luchtfoto kun je je voorstellen dat de oorspronkelijke kustlijn die